

## **Активно-импульсные приборы обнаружения потенциальных угроз**

**Голицын Александр Андреевич**

**Сейфи Наталья Андреевна**

*Конструкторско-технологический институт прикладной микроэлектроники*

*(Филиал ИФП СО РАН)*

*[aag-09@yandex.ru](mailto:aag-09@yandex.ru)*

Активно-импульсными приборами наблюдения называются приборы, принцип действия которых основан на методе, предложенном академиком А. А. Лебедевым в 1936 г. [1]. Такие приборы имеют в своей конструкции синхронно работающие фотоприемник и импульсный излучатель, используемый для подсветки сцены. Суть метода заключается в том, что фотоприемник начинает получать изображение с некоторой задержкой относительно срабатывания излучателя, благодаря чему воспринимает свет излучателя, отраженный от интересующих оператора объектов, отсекая свет, отраженный от объектов, находящихся ближе заданного расстояния, например, от частиц пыли или тумана. Подсветка местности при этом осуществляется короткими импульсами, длительность которых значительно меньше времени распространения света от прибора до наблюдаемых объектов и обратно.

В работе рассматриваются существующие активно-импульсные приборы обнаружения оптических приборов и лазерные локаторы. Основное их назначение – поиск на местности предметов, дающих блик при подсветке лазерным излучением с расстояния. Таковыми предметами могут являться оптические и оптико-электронные предметы противника, например, прицелы, трубки разведчика, бинокли и т.д. Другим назначением является поиск замаскированных или скрытых видеокамер, расположенных в помещении.

В докладе приводятся фотографии внешнего вида изделий, подробно описываются их технические характеристики, проводится сравнение приборов друг с другом с учетом специфики их применения, описываются преимущества и недостатки на конкретных примерах.

В качестве основного элемента подобных приборов используется электронно-оптический преобразователь (ЭОП), который выполняет функцию быстродействующего затвора фотоприемника и одновременно является усилителем яркости. Однако, существует возможность, используя физические принципы построения ПЗС-фотоприемников, построить активно-импульсную систему на ПЗС-фотоприемнике со строчным переносом [2, 3]. Подобное построение позволяет снизить массо-габаритные характеристики изделия и одновременно увеличить его ресурс.

В докладе сообщается о результатах полигонных испытаний опытного образца активно-импульсного прибора, реализованного без применения в конструкции ЭОП, приводятся примеры получаемых изображений в сравнении с изображениями, наблюдаемыми в приборы, построенные по традиционной схеме.

Список публикаций:

[1] В.В. Балаков, В. Г. Вафиади, *Очерк научной деятельности академика А. А. Лебедева* // Академик А. А. Лебедев. Избранные труды / отв. ред. П. П. Феофилов – Л.: Наука, 1974. С. 3–16

[2] Н. А. Сейфи, А. А. Голицын, *Лабораторный стенд для исследования возможностей ПЗС-фотоприемника по использованию в составе активно-импульсного прибора наблюдения* // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2016. XII Междунар. Научн. Конгр. 18–22 апреля 2016 г. Новосибирск: Междунар. Науч. Конф. «СибОптика-2016»: сб. материалов в 2 т. Т.1 – Новосибирск: СГУГиТ. 2016. С. 105–107

[3] *Способ активно-импульсного видения: заявка на патент Российской Федерации / Голицын А.А., Сейфи Н.А.; заявитель Институт физики полупроводников СО РАН – заявка № 2017100286, заявл. 09.01.2017*

## **Автокорреляционная функция электронных спектров поглощения в многокомпонентных оптических средах**

**Доломатова Милана Михайловна<sup>1</sup>**

**Ярмухаметова Гульнара Ульфатовна<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Башкирский государственный университет,*

<sup>2</sup>*Уфимский государственный нефтяной технический университет*

*Доломатов Михаил Юрьевич, д.х.н.*

*[milana.1992@mail.ru](mailto:milana.1992@mail.ru)*

Известны молекулярные системы, которые представляют собой смеси большого количества молекул, и их описание с позиции обычных закономерностей оптики и спектроскопии затруднено. К таким веществам относятся многокомпонентные материалы, полимерные смолы и смеси высокомолекулярных соединений

природного и техногенного происхождения. Для оптических сред, образованных такими системами, характерно хаотическое распределение химического состава и, следовательно, плотности функции распределения поглощения электромагнитного излучения в оптической области. Кроме того, физической особенностью оптических сред, систем с хаосом состава является сильная электронная корреляция и обменное взаимодействие молекул. В последние годы проведены исследования по изучению параметров сигнала в сильно коррелированных молекулярных средах. В частности обнаружены явления связи потенциала ионизации и сродства к электрону молекул с феноменологическими параметрами автокорреляционных функций [1,2].

Рассмотрим спектр как непрерывный эргодический сигнал, который несет информацию о веществе. Полученные спектры отражают распределение по энергиям взаимодействия электромагнитного излучения с электронными состояниями молекул исследуемых веществ.

Характерная особенность спектров молекулярных смесей состоит в том, что спектры отдельных молекул, имеющих дискретный характер, перекрываются между собой. Для сложных молекулярных систем с небольшим числом компонентов отдельные электронно-колебательные состояния перекрываются между собой и для разделения полос спектра применяют прямое и обратное преобразования Фурье (1),(2):

$$F\{s(v)\} = S(w) = \int_{-\infty}^{+\infty} s(v) \cdot e^{-i w v} dv, \quad (1)$$

$$F^{-1}\{S(w)\} = s(v) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} S(w) \cdot e^{-i w v} dw, \quad (2)$$

где  $S(w)$  – спектральная функция  $s(v)$ .

Но выделение резонансных состояний не входит в нашу задачу. Цель данной работы – исследование особенности автокорреляционной функции (АКФ) непрерывного и оптического поглощения, характеристики сигналов электронных спектров углеводородных смесей в видимой области.

Известно, что во многих системах с хаосом химического состава функция распределения коэффициента поглощения по длинам волн имеет вид экспоненциального распределения [3]. Рассмотрим систему с непрерывной функцией распределения поглощения электромагнитного излучения в диапазоне 300-1000 нм по длинам волн в виде:

$$k(\lambda) = a e^{-b\lambda}, \quad (3)$$

где  $k(\lambda)$  - показатель поглощения в видимой области спектра, л/г•см;  $\lambda$ - длина волны, нм;  $a$  и  $b$  – эмпирические коэффициенты, зависящие от природы вещества.

Поскольку выбор длины волны в видимом диапазоне равновероятный, то одномерная плотность функции распределения интенсивности поглощения  $f(\lambda)$  имеет вид равномерного распределения

$$f(\lambda) = \begin{cases} 0, \text{ при } \lambda \notin [\lambda_0, \lambda_n] \\ \frac{1}{\lambda_n - \lambda_0}, \text{ при } \lambda \in [\lambda_0, \lambda_n], \end{cases} \quad (4)$$

где  $\lambda_0, \lambda_n$  - начало и конец интервала регистрации электронного спектра поглощения среды.

Так как процесс непрерывный (4), математическое ожидание  $\mu(\lambda)$  на заданном интервале определяется путем интегрирования с использованием известных формул (5):

$$\mu(\lambda) = \frac{1}{\lambda_n - \lambda_0} \int_{\lambda_0}^{\lambda_n} a e^{-b\lambda} d\lambda = \frac{a}{-b(\lambda_n - \lambda_0)} (e^{-b\lambda_n} - e^{-b\lambda_0}) \quad (5)$$

Для оценки и описания динамических свойств использована автокорреляционная функция (6). Так как процесс эргодический, то для вычисления автокорреляционной функции используем усреднение по интервалу:

$$R_{cor} = \frac{a^2}{-2b(\lambda_n - \lambda_0)} e^{-b\Delta\lambda} (e^{-2b\lambda_n} - e^{-2b\lambda_0}) - \frac{a^2}{b^2(\lambda_n - \lambda_0)^2} (e^{-b\lambda_n} - e^{-b\lambda_0})^2 \quad (6)$$

где  $R_{cor}$  – автокорреляционная функция СП (4);  $\lambda$  и  $\Delta\lambda$  – два различных сечения процесса с шагом  $\Delta\lambda$ .

Описанные выше сигнальные характеристики оптических спектров изучены для Западно-сибирских нефтей близких по химической природе и физическим свойствам (относительной плотности  $\rho$  и средним молярным массам  $M$ ). Результаты приведены в таблице:

№ образца	$\mu(\lambda)$	$R_{\text{cor}}$	$\rho$	$M$
1	0.235	0.063	0.9243	392
2	0.279	0.080	0.9247	401
3	0.287	0.084	0.9262	399
4	0.259	0.069	0.9242	399

Как следует из полученных данных, применение автокорреляционной функции позволяет идентифицировать близкие по химическому составу вещества.

Список публикаций:

- [1] Ковалева Э.А., Доломатов М.Ю. // Электромагнитные волны и электронные системы. 2016. Т. 21, №9, С.20-23.  
 [2] Dolomatov M. Yu., Latypov K.F., Kovaleva E.A., Dolomatova M.M., Paimurzina N.Kh. // The abstracts of International conference on Nanophotonics and Micro/Nano Optics, Paris, France, 2016. P.69.  
 [3] Доломатов М.Ю., Ярмухаметова Г.У., Доломатова М.М. // Прикладная спектроскопия. 2017. Т. 84, №1, С.132-137.

## Численное моделирование поверхностного плазмонного резонанса в изогнутом металлизированном световоде методом конечных элементов

**Дышлюк Антон Владимирович**

Дальневосточный федеральный университет

Институт автоматики и процессов управления ДВО РАН

[anton\\_dys@iacp.dvo.ru](mailto:anton_dys@iacp.dvo.ru)

Рефрактометрические сенсоры на основе поверхностного плазмонного резонанса (ППР) представляют перспективное направление развития современной биосенсорики [1]. Такие датчики используют плазмон-поляритонные волны, распространяющиеся вдоль границы раздела металл/диэлектрик, для измерения сверхмалых вариаций показателя преломления диэлектрической среды вблизи границы. Среди различных типов ППР-рефрактометров особый интерес вызывают волоконно-оптические сенсоры, обладающие такими преимуществами, как варьруемая длина измерительной базы, отсутствие необходимости юстировки оптических элементов, возможность миниатюризации, проведения удаленных измерений и, в перспективе, значительного снижения стоимости биосенсорных систем на основе ППР [2]. В работах [3-4] обоснована возможность создания перспективного волоконно-оптического ППР-рефрактометра на основе изогнутого одномодового световода, в котором металлическая пленка наносится на кварцевую оптическую оболочку стандартного одномодового волоконного световода (ВС), а связь между фундаментальной и плазмонной модами обеспечивается за счет изгиба световода, через посредство его оболочечных мод шепчущей галереи. Благодаря предельной простоте конструкции такой рефрактометр может найти широкое применение в биосенсорике, однако до настоящего времени его численное моделирование проводилось лишь в приближении упрощенной двухмерной геометрии. Для детального понимания принципа действия и особенностей таких датчиков требуется более строгий трехмерный численный анализ, что и составляет цель настоящей работы.

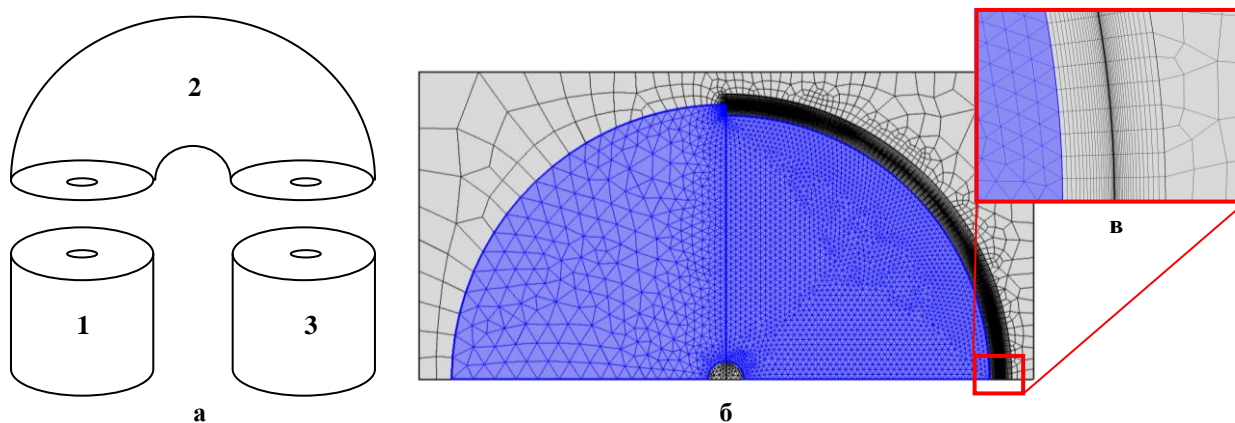


рис.1. а - Схема исследуемого световода: 1 – входной участок, 2 – изогнутый металлизированный участок, 3 – выходной участок; б – дискретизация сечения исследуемого световода методом конечных элементов; в – увеличенный фрагмент сетки вблизи металлической пленки.